

# **L'apport des méthodes non-destructives à l'étude de sites archéologiques complexes. Etude de cas MARIANA.**

**Frank Vermeulen\* - Lieven Verdonck\* - Cristina Corsi\*\***

\*Universiteit Gent (BE), [frank.vermeulen@ugent.be](mailto:frank.vermeulen@ugent.be) ; [lieven.verdonck@ugent.be](mailto:lieven.verdonck@ugent.be)

\*\*Università degli Studi di Cassino (IT)- [c.corsi@unicas.it](mailto:c.corsi@unicas.it)

## **Introduction**

Cette présentation a pour but de contribuer à l'étude, la préservation et la valorisation d'une partie du patrimoine archéologique, c'est-à-dire les structures topographiques et architecturales de sites anciens complexes, à partir de méthodes et techniques non-destructives. L'utilisation de différents types d'approches non-destructives, comme l'étude de l'imagerie satellitaire, la prospection aérienne à basse altitude, des méthodes intensives de prospection géophysique (radar, laser, magnétique, ...), et leur application intégrée pour gérer et étudier le patrimoine archéologique, seront discutés et illustrés par un exemple précis et actuel: le cas du site archéologique de *Mariana* en Corse septentrionale.

Dans une large mesure, la recherche scientifique et la gestion des sites archéologiques enfouis visent à limiter l'intervention destructrice, comme la fouille, au minimum absolu. Il en résulte souvent une sorte de protection passive des milliers de sites européens, qui restent cependant que partiellement localisés, mal compris et inconnu dans leur complexité. Au cours des deux dernières décennies un ensemble de méthodes d'enquête de surface non-invasives ont été développés, en sorte que ces sites peuvent maintenant être analysés, interprétés et éventuellement visualisés sans aucun dommage pour les monuments mêmes. Ceci est particulièrement pertinent pour les sites plus grands et complexes avec des restes structurelles parfois bien conservés sous la surface, telles que toute une série de sites antiques proto-urbains et urbains.

Ces sites archéologiques désertés peuvent désormais être bien étudiés et efficacement protégés en utilisant un ensemble intégré de techniques d'enquête modernes, tels que différents types de télédétection (images satellites, photographies aériennes, la cartographie

thématique aérienne, LIDAR, ...), la prospection géophysique terrestre (magnétométrie, résistivité électrique, géoradar ...), la prospection pédestre classique avec récupération des matériaux de surface, l'analyse SIG avec élaboration d'outils de visualisation, la géomatique (GPS, numérisation 3D, photogrammétrie ...) et des sondage géomorphologiques.

Il est communément admis que l'étude des sites urbains désertés est crucial pour toute compréhension du monde romain, puisqu'ils ont été les nœuds par l'intermédiaire de laquelle l'administration, l'économie et la culture dominante ont été négociés. Parmi les archéologues impliqués dans la recherche intensive de l'urbanisation antique, il est convenu qu'il est absolument impératif de collectionner des données sur l'organisation interne et la chronologie d'une gamme complète des sites urbains dans la région méditerranéenne. Comme beaucoup de nos connaissances sur l'urbanisme antique est basée sur un échantillon aléatoire, de certains sites bien conservés mais souvent atypiques (par ex. Pompeii) ou sur certains quartiers très partiellement fouillé, il y a un grand besoin pour une collecte de données, différent du vaste corpus de travaux antérieurs sur les villes anciennes, qui bien trop souvent a mis l'accent sur les bâtiments individuels décontextualisés de leur environnement urbain. En outre, une grande partie de l'archéologie urbaine antique est limitée par l'évolution médiévale et moderne dans les villes qui sont restées occupées jusqu'à aujourd'hui, pendant que tout un bon échantillon des villes désertes, reste pratiquement inexploré.

Durant les années 1990 les premières tentatives bien intégrés d'étudier les sites urbains antiques avec des méthodes d'exploration de surface archéologiques multidisciplinaires ont été entreprises avec un certain succès dans des pays comme le Royaume-Uni et l'Italie. Depuis lors, des chercheurs sont devenus de plus en plus convaincus du potentiel très élevé d'une utilisation stratégique soigneusement défini de techniques de prospection non destructives sur le terrain et de reconnaissance aérienne systématique pour l'enquête topographique sur des sites urbains anciens. Par rapport aux fouilles plus traditionnelles, et les études épigraphiques, qui ont souvent fourni des informations importantes et détaillées sur le développement de certaines parties des villes et de bâtiments individuelles, cette nouvelle approche, en revanche, dispose d'informations plus large pour une série de questions concernant le développement urbain, la distribution de maisons et de l'espace public, la taille et la forme des zones urbaines, etc. Ces données nouvelles et très utiles peuvent faire progresser les connaissances générales de la topographie et l'organisation interne des villes antiques d'une manière spectaculaire et contribuer ainsi à une vision plus large du (proto-) développement urbain dans l'Antiquité. Ce progrès spectaculaire des connaissances sur les sites complexes fait partie de nombreux programmes de recherche en archéologie universitaires de l'Europe, car il donne des clefs pour comprendre toute la complexité des sociétés passées.

## **Le cas de *Mariana***

Sous le thème de recherche général de « l'urbanisme romain en Corse, le cas de *Mariana* » la recherche archéo-topographique des équipes des Universités de Cassino (Département de Filologie et Histoire) et de Gand (Département d'Archéologie) est bien insérée dans le cadre du Projet Collectif de Recherche « *Mariana* et la Basse Vallée du Golo », dirigé depuis 2000 par Ph. Pergola autour de ce site antique en Corse. Notre étude interdisciplinaire a pour objet principal la délimitation et l'étude du réseau urbain de *Mariana*, avec cartographie du système défensif, du réseaux routier urbain et périurbain, l'exploitation du territoire et l'identification et la caractérisation des zones publiques et privées dans le cadre diachronique de l'évolution de la ville romaine depuis sa fondation jusqu'à l'aube de la christianisation. Une partie des études se concentrent sur le territoire de la ville, la centuriation romaine, la viabilité et la relation ville-territoire, avec intégration de méthodes traditionnelles et technologies nouvelles de la recherche. Cela implique l'utilisation d'approches de prospections aériennes actives, géophysiques et de télédétection, en relation avec des méthodes de terrain traditionnelles (fouilles, sondages, prospections terrestres,...) pour la compréhension du système romain d'organisation du territoire urbain, périurbain et rural. Pendant les premières années de recherche (2004-2005) l'équipe Cassino-Gand s'est concentrée sur l'acquisition des données de base nécessaire pour une étude approfondie et sur l'agencement des premiers travaux sur le terrain. Entre 2006 et 2009 on a abordé une étude approfondie de la zone intra-murale de la ville antique, avec une surtout la prospection géophysique intensive d'une zone centrale de la ville antique.

### *Localisation exacte du site dans le paysage: cartographie historique et photographie aérienne*

L'étude intensive de la documentation cartographique historique concernant la zone de la basse vallée du Golo, présente dans les archives principales (Aérophotothèque de l'IGN, Archives Départementales d'Haute-Corse, Archives Nationales, Bibliothèque Nationale, ...), nous a permis de géoréférencier un cadre général de travail digital. Cette création d'un Système d'Information Géographique (SIG) originel est élémentaire pour gérer de manière efficace tous les informations recueillies au cours de cette recherche et un instrument utile pour transférer plus rapidement les acquis nouveaux dans la banque de données du projet. Cette base est ensuite utilisée pour bien positionner toute information ponctuelle présente en bibliographie, la documentation d'archive, la littérature érudite, les rapports de fouilles, la cartographie historique et cadastrale et la photographie aérienne. Durant cette phase de l'étude ponctuelle de la cartographie historique de nouvelles propositions ont été faites au sujet de différents domaines, comme : l'évolution historique de la ligne de côte et du cours d'eau du Golo, pendant les trois derniers siècles (travaux ensemble avec A. Roblin-Jouve), la présence et la localisation possible d'une grande portion de l'enceinte murale antique de la ville de *Mariana* (surtout grâce à l'étude de photographie aérienne historique), localisation de l'emplacement et la configuration de la voirie antique autour de *Mariana* et reconstruction d'une partie du cadastre rural antique autour du centre urbain romain. L'utilisation de toute la documentation photographique aérienne historique (depuis 1937 à nos jours), en parfait

accord avec les données de l'étude cartographique régressive, a aidé à composer un cadre presque complet de l'enceinte urbaine de Mariana. Cette documentation de photographie historique a ensuite été confronté avec une série de prise de vues aérienne obliques obtenus par un de nous en 2005. Crucial pour cet approche archéo-topographique de la ville et de son terroir rural sont la découverte sur l'ensemble de cette documentation photographique de : quelques éléments linéaires appartenants à la voirie ancienne disparue de traces irrégulières indiquant la présence possible de sites d'habitat anciens dans les environs de la ville romaine, de traces linéaires appartenant au circuit mural probable de la ville antique, des zones perturbées qui peuvent être mis en rapport avec les anciennes fouilles Leschi/Chauvel et qui aident dans leur localisation exacte et finalement des éléments qui peuvent aider à reconstruire la géomorphologie du paysage ancien autour de *Mariana*, comme les anciens lits d'eau du Golo et un possible port fluvial de la ville antique.

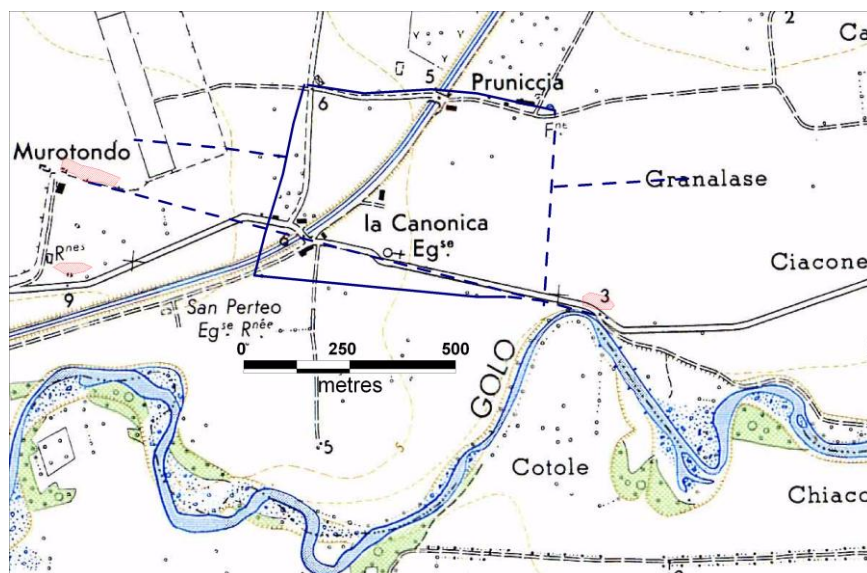


Fig. 1 Hypothèse de travail pour la localisation exacte de l'enceinte romaine de *Mariana* et de quelques voies romaines dans les alentours, basée sur l'enquête cartographique et de photographie aérienne.

### La topographie antique intra muros : prospections géophysiques

Après quelques prospections aériennes et pédestres, suivie d'une évaluation de la potentialité du site pour l'étude non-invasive de prospection, notre équipe a choisi de procéder à une prospection intensive utilisant des méthodes géophysiques. Pendant la campagne de 2006, une première prospection magnétique et de résistivité électrique a été conduite au nord de la cathédrale Santa-Maria-Assunta (la *Canonica*), surtout sur les parcelles 81 et 76. A partir de 2007 ces techniques ont été complémentées par la prospection en géoradar, technique très adaptée pour ce genre de site. A cause des résultats très clairs obtenus avec cette dernière technique, il a été décidé d'élargir la zone de prospection à toute la parcelle 81, située au nord de la *Canonica* et à quelques parcelles voisines. Etant donné que des prospections avec cette méthode prennent beaucoup de temps si elles sont faites avec une seule antenne (comme était

le cas à Mariana jusqu'ici), l'investigation de la parcelle 81, qui a une surface de presque trois hectares, doit s'étendre sur plusieurs campagnes. Cette contribution présente déjà les résultats de la prospection de la première partie, sur une surface d'à peu près une demi-hectare. Comme la dernière campagne de prospection en radar-sol (géoradar) a été effectuée en novembre-décembre 2009, les résultats ultimes ne sont pas encore disponibles.

Ces méthodes de prospection étaient attractives à Mariana par l'absence de bâtiments et de végétation importante sur le site et par le manque de résultats substantiels sur le plan de la photographie aérienne active dans la zone intra-murale. Le questionnaire scientifique de cette approche peut être synthétisé par les questions suivantes :

- (1) Quelles sont l'étendue et la fonction de cette partie de la ville romaine? Par exemple, est-ce que le *forum* peut être localisé sur ou près de la parcelle 76, vu les vestiges conservés au-dessus de la surface au nord de la maison dite 'l'imperiale'?
- (2) Quelle est la relation avec la partie fouillée du site, immédiatement au sud de la *Canonica* ?
- (3) Peut-on distinguer une trame antique systématique (voirie, bâtiments) dans cette partie de *Mariana*.

Pour cette prospection géophysique, un système de grilles de mesure de 20 x 20 m a été créé à l'aide d'une station totale Leica TCR 307. La distance envers les bâtiments existants, routes et limites de parcelles avoisinantes a été mesurée, ce qui nous a permis de recaler la grille de mesure dans le plan cadastral de la commune de Lucciana, dont les coordonnées sont connues. Des mesures détaillées d'altitude ont aussi été prises afin de créer un modèle digital de la micro-élévation du site. Ensuite deux méthodes ont été déployées avec une certaine intensité.

A cause de sa rapidité et de son universalité, la **méthode magnétique** est la plus employée en archéologie. La prospection magnétique est basée sur la mesure de changements locaux du champ magnétique associés à des vestiges archéologiques. Ces changements sont causés par l'aimantation thermo-rémanente d'objets brûlés ou chauffés au-dessus de 600° (briques, fours) ainsi que par des différences en susceptibilité magnétique (= la capacité d'un objet à s'aimanter). Le magnétomètre utilisé est le Geoscan Research FM256.

Le principe de la deuxième méthode utilisée ici, la **prospection en radar-sol**, consiste à émettre une onde électromagnétique dans le sol. Si l'onde atteint une interface entre deux couches avec une différente constante diélectrique relative (= une différente capacité à se polariser sous l'effet d'un champ électrique, valeur très dépendante de la teneur en eau du sol), une partie de l'énergie est réfléchiée. Une autre partie continue son trajet dans le sol et pourra être réfléchiée à cause d'une interface plus profonde. Le laps de temps entre l'émission de l'onde électromagnétique par l'antenne émettrice et l'arrivée à l'antenne réceptrice peut donner une indication sur la profondeur des interfaces, si la vitesse de propagation de l'onde dans le sol est connue.

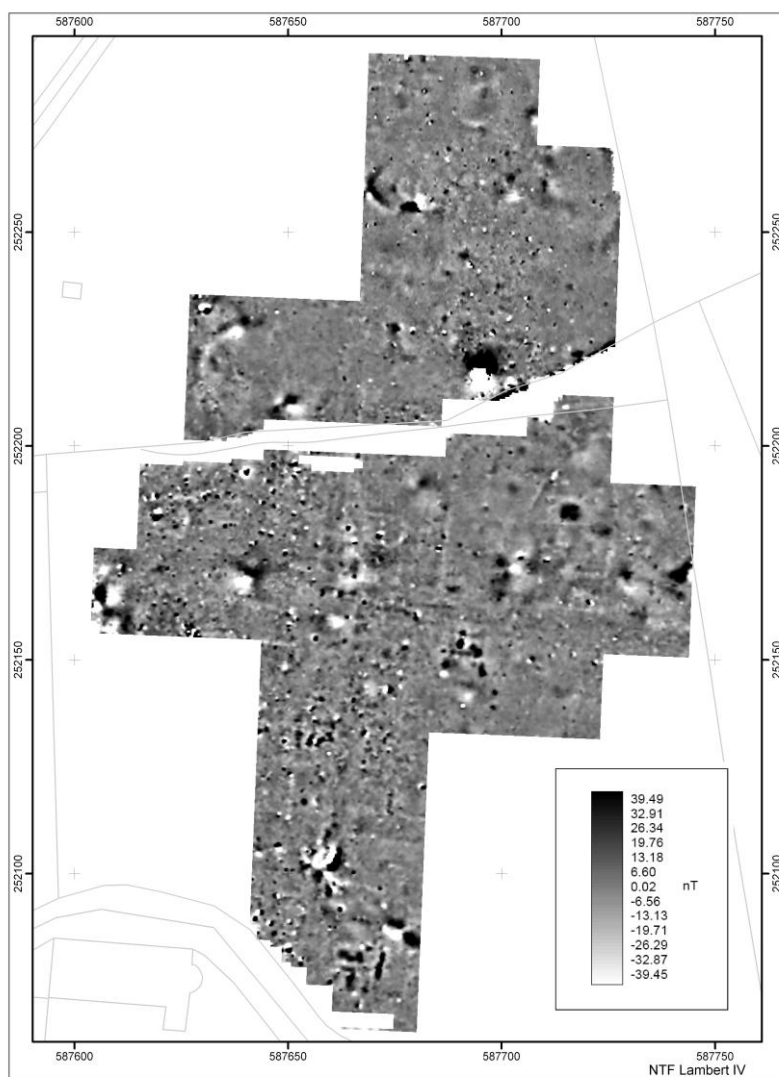


Fig. 2 Résultat des prospections magnétiques au nord de la Canonica (2006-2007). Un série de murs romains est lisible dans l'image, ainsi que divers zones d'activités de forges.

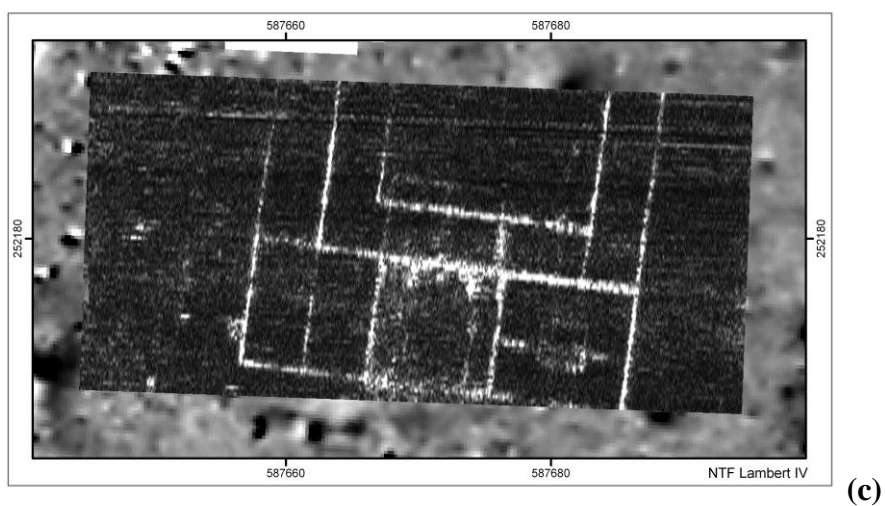
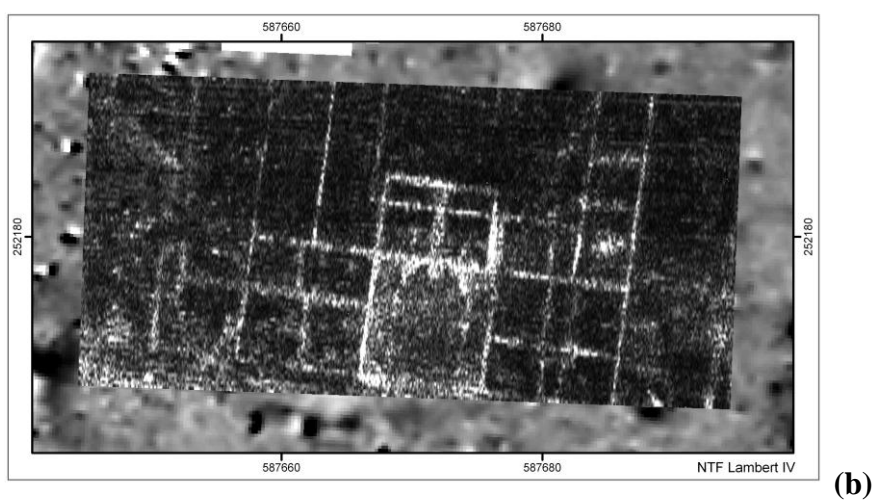
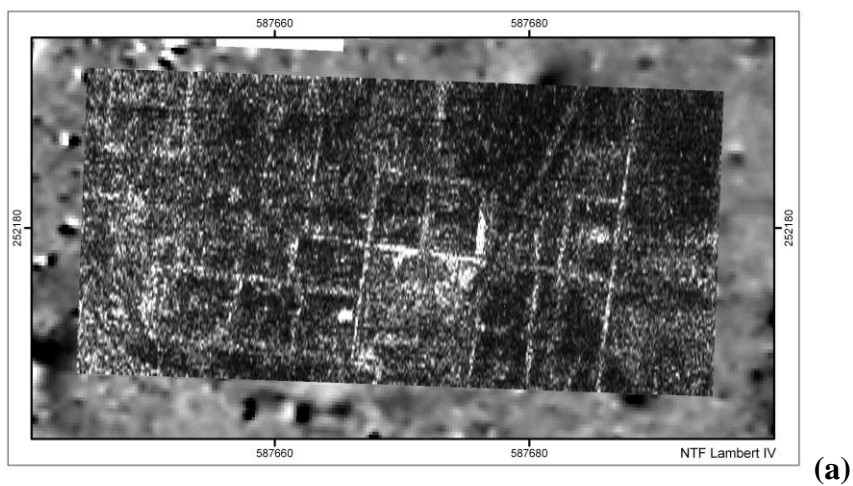


Fig. 3 Détail des ‘coupes profondeur’ résultantes de la prospection radar d’une zone avec un grand bâtiment romain (public ?) au nord de la Canonica, à une profondeur (a) de 33 à 39 cm; (b) de 59 à 65 cm; (c) de 91 à 97 cm.

Les résultats de notre démarche utilisant une approche intégrée de plusieurs techniques géophysiques sont très convaincants et sont crucial pour la connaissance de la topographie romaine de la ville de Mariana. L'aménagement orthogonal de la ville, inconnu auparavant, peut maintenant être remarqué immédiatement, avec deux rues divisant la zone prospectée en quatre *insulae*. L'accord en orientation avec les structures impériales dans les fouilles près de la *Canonica*, a été bien établi pour toute la zone investiguée.



Fig. 4 Résultats des prospections radar sol 2007 et 2008 (couche avec profondeur 0,8-0,85 m), au-dessus des résultats de la prospection magnétique de 2006. Les fouilles autour de la *Canonica* sont indiquées en noir (en bas).

La plupart des structures trouvées par les méthodes géophysiques peut être reconnues comme étant des maisons, en particulier dans la partie est de la zone de prospection. Une grande partie de l'*insula* nord-ouest semble être occupée par un grand complexe privé ou public (des thermes ?). Certaines traces visibles, surtout sur l'image magnétique, mais plus clairement bornées par le radar sol, nous laissent suggérer la présence d'hypocaustes, ou, plus probablement, de fours et/ou une activité métallurgique. D'autres anomalies indiquent des



systèmes pour l'approvisionnement d'eau ou pour le drainage, essentiels dans toute ville romaine bien organisée.

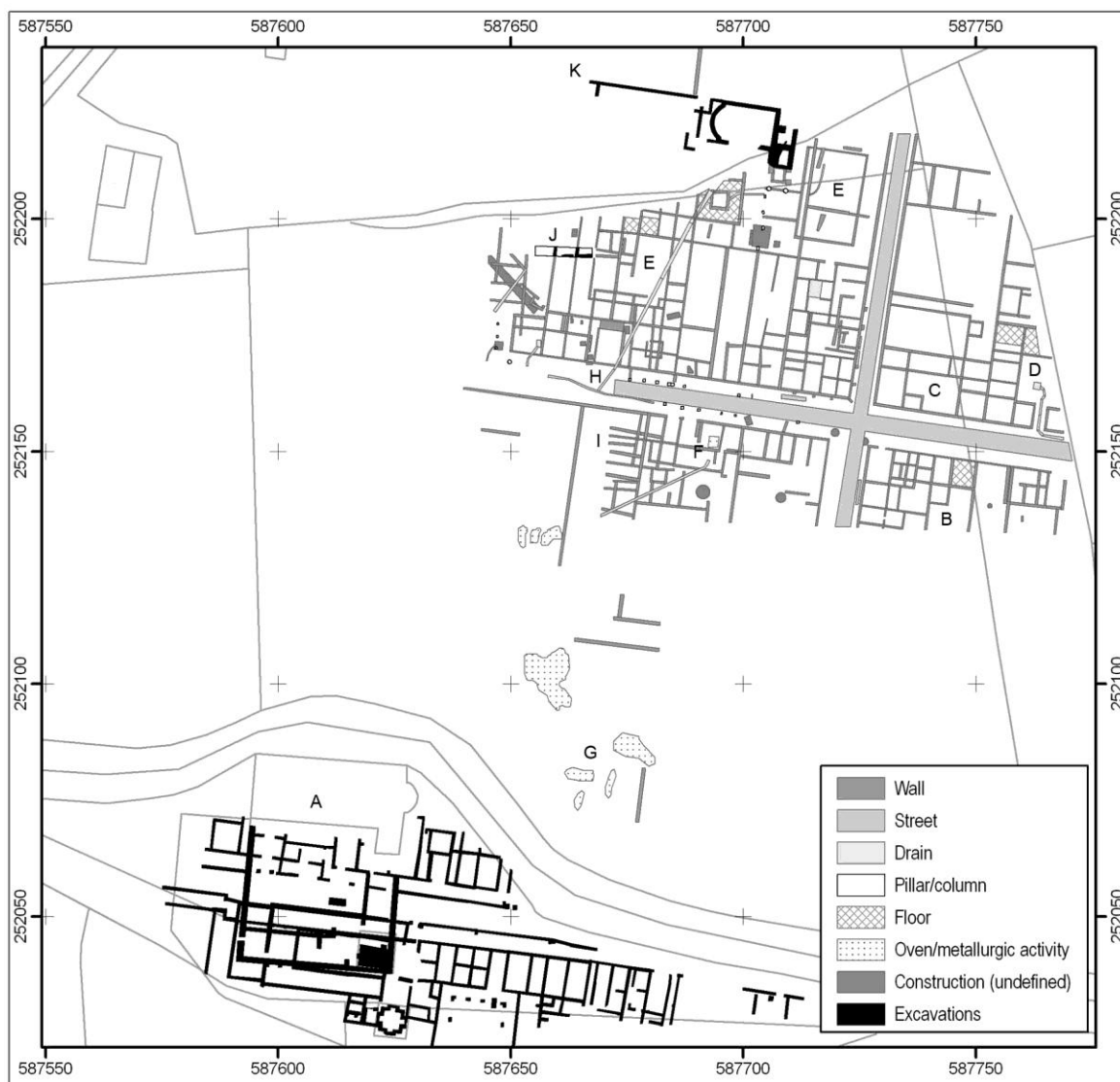


Fig. 5 Plan d'interprétation des prospections radar sol et magnétique, en combinaison avec les données provenant des différentes fouilles. A: fouilles autour de la *Canonica*, B-D: maisons, E: complexe de thermes, F-G: fours/activité métallurgique, H: tuyau d'écoulement, I: phases différentes d'une maison, J: sondage, K: fouilles anciennes Leschi-Chauvel géoréférencées à l'aide des données géophysiques.

En plusieurs parties de la ville, il y a des indications pour au moins deux phases d'occupation. Souvent, la distance entre deux murs est tellement limitée, que ces structures ne peuvent pas être contemporaines. Ceci correspond avec l'observation que dans les données radar sol des structures avec des fondations peu profondes parcourent les espaces antérieurement ouverts comme les cours intérieures du possible complexe de thermes. En plus, les données radar révèlent une différence en qualité entre les murs des différentes phases. Les murs avec les

fondations les plus profondes sont très droits, ont toujours été bâtis en accordance parfaite avec l'orientation générale de la ville, et provoquent des réflexions fortes. Par contre, les murs plus superficiels dévient souvent de l'orientation et leur construction est moins solide.

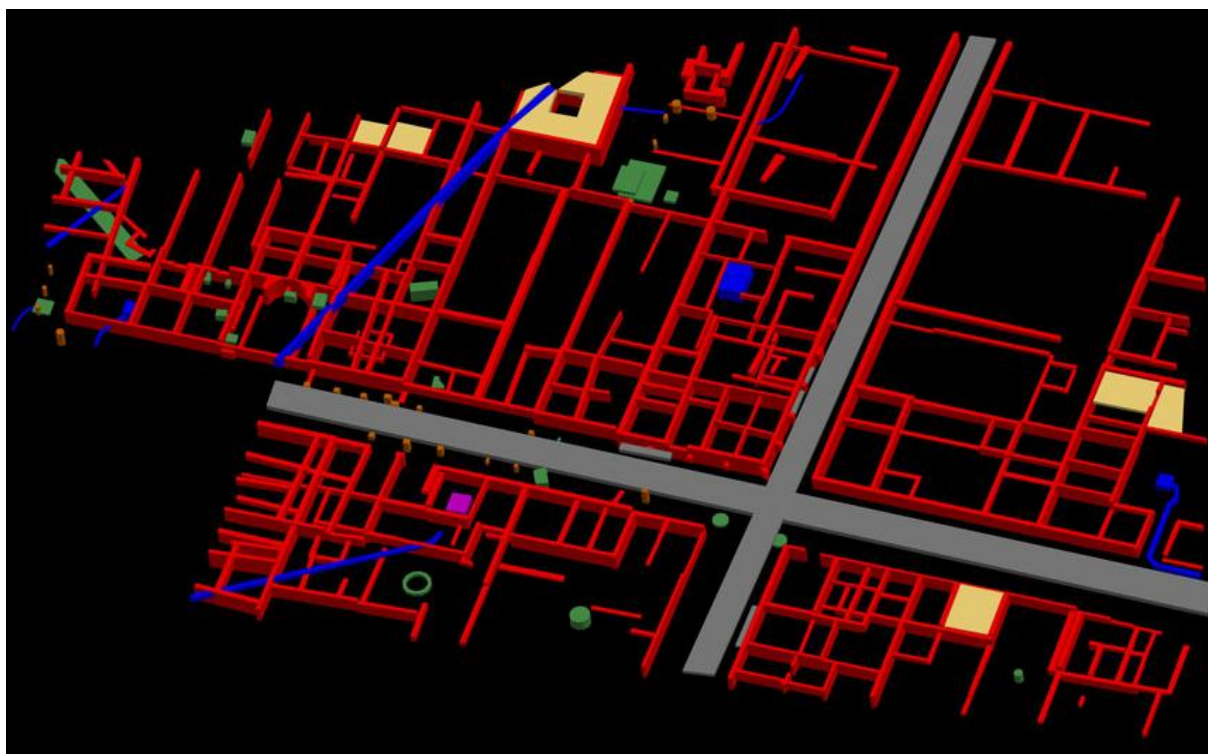


Fig. 6 Interprétation tridimensionnelle des résultats radar sol. La hauteur a été exagérée deux fois. Les couleurs représentent de différents types de structures. Rouge: murs, gris: rues, bleu: canalisations, jaune: sols, brun: piliers, rose: four, vert: structures avec fonction inconnue.

Durant les campagnes de 2006-2007 notre équipe a organisé une petite fouille du type sondage dans la partie nord de la parcelle 81, avec l'objectif de contrôler la qualité et l'exactitude des données géophysiques. Ce sondage (de 12 sur 2 m) visait aussi la compréhension du contexte stratigraphique de cette zone (centrale ?) de la ville antique. L'interprétation des structures trouvées a été contextualisée par l'interprétation des prospections géophysiques (spécialement les sondages en radar sol) et l'étude du matériel découvert a procuré des éléments de datation essentiel pour l'évaluation de ce secteur de la ville antique. La fouille a permis de trouver deux grandes phases de construction sur cette partie du site, l'une probablement du bas Empire, l'autre certainement du Haut Empire (probablement I siècle après J.C). De cette dernière on a individualisé deux murs parallèles en *opus testaceum*, qui s'insèrent parfaitement dans les résultats de la prospection radar-sol. Ils sont orientés presque N-S, mais avec une déviation de plus ou moins 12° vers le NNE-SSW, l'orientation dominant du réseau routier de la ville. Ces deux structures sont très bien préservé, ce qui explique non seulement la qualité des résultats des prospection géophysiques dans ce secteur, mais nous donne aussi beaucoup d'information sur les possibilités pour une protection adéquate du site et sa valorisation future.



Fig. 7 Mur en *opus testaceum* découvert dans le sondage.

## Bibliographie

Carboni, F., Corsi, C., Venditti C.P., Verdonck, L. & Vermeulen, F. (à paraître). "Urbanistica delle città romane di Corsica: l'esempio di Mariana". Dans: Proceedings of the 17th International Congress of Classical Archaeology, (Rome, 22nd -26th September 2008).

Corsi, C. (à paraître). Le paysage urbain de Mariana: observations préliminaires sur l'urbanisme des périodes tardo-républicaine et imperial. Dans: Ph. Pergola (ed.), Actes du Colloque International "Mariana et la basse Vallée du Golo". Bastia – Lucciana, France, September 10-16 2004.

C. Corsi - A. Roblin-Jouve - F. Vermeulen, Géoarchéologie autour de la ville romaine de Mariana et de la basse vallée du Golo (Haute-Corse, France), dans : M. De Dapper, F. Vermeulen, S. Deprez & D. Taelman (eds.), Ol'Man River. Geoarchaeology of Rivers and River Plains, Proceedings of the International Colloquium "Ol'Man River – Geoarchaeological aspects of rivers and river plains" (Ghent 22<sup>nd</sup>-24<sup>th</sup> September 2006), (Archaeological Reports Ghent, 5), Gent, 2009, pp. 267-282.

Corsi C. - Venditti C.P., The role of Roman towns in the Romanization process in Corsica. The case-study of Mariana, in C. Corsi & F. Vermeulen eds. Proceedings of the International Colloquium "Changing Landscapes. The impact of Roman towns in the Western Mediterranean", à paraître.

C. Corsi - F. Vermeulen, Digital vs. historical cartography for studying archaeological sites: a case study from Corsica, Proceedings of the 11<sup>o</sup> Workshop «Archäologie und Computer. Kulturelles Erbe und Neue Technologien», (Vienna 18-20 Oktober 2006), Wien, 2007, pp. 1-19

F. Nucci, 2001, Les campagnes de fouilles à Mariana (Corse) en 1936 et 1937 par Louis Leschi et Albert Chauvel, dans Cahier Corsica, 195, 2001.

Ph. Pergola 2004, Mariana, capitale de la première Corse chrétienne, dans *Paul-Albert Février de l'Antiquité au Moyen Âge*, sous la direction de M. Fixot, Aix-en-Provence, 2004, p. 238-257.

Verdonck, L. 2008. Using the three-dimensional capabilities of GPR to reinterpret the Roman town of *Mariana* (Corsica). Dans: Jerem, E., Redő, F. & Szeverényi, V. (eds.) *On the Road to Reconstructing the Past. Program and Abstracts of the 36<sup>th</sup> International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, Budapest, 2–6 April 2008: 268.

Verdonck, L. & Vermeulen, F. 2009. GPR survey at the Roman town of Mariana (Corsica). Dans: Benech, C., Fabre, D., Schmidt, A. & Tabbagh, A. (eds.) *Mémoire du sol, espace des hommes. ArchéoSciences. Revue d'archéométrie* 33 (suppl.): 241-243.

F. Vermeulen, (à paraître). *L'emploi de la photographie aérienne pour la recherche à Ammaia*, dans : Ph. Pergola (ed.), *Actes du Colloque International "Mariana et la basse Vallée du Golo"*. Bastia – Lucciana, France, September 10-16, 2004.